

ILLUMINATION OPTICAL DEVICE OF STEPPER USING EXCIMER LASER

Publication number: JP63044726 (A)

Publication date: 1988-02-25

Inventor(s): ITO NORIHISA +

Applicant(s): ITO NORIHISA +

Classification:

- international: **G03F7/20; H01L21/027; H01L21/30; H01S3/101; G03F7/20; H01L21/02; H01S3/101;** (IPC1-7): G03F7/20; H01L21/30; H01S3/101

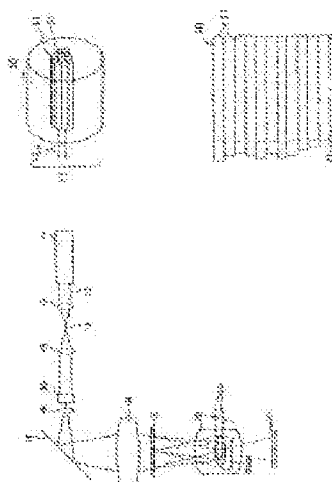
- European: G03F7/20T14

Application number: JP19860189326 19860812

Priority number(s): JP19860189326 19860812

Abstract of **JP 63044726 (A)**

PURPOSE: To obtain an illumination optical system in which perfect partial coherent illumination can be realized, by making excimer laser in the form of an assembly of laser beams different from each other in their phases. **CONSTITUTION:** Laser beams 12 emitted from excimer laser 11 are made to pass through a collimator lens 15 so that they become parallel rays, and then by way of a random phase shifter 30, a relay lens 16, a fixed mirror 17, a condenser lens 18, a reticle pattern 19, and an image focusing lens 20, they are radiated on a wafer 21. The random phase shifter 30 is composed of optical fibers 31 different from each other in their lengths. when each optical fiber 31 is made $L + l_i$ in length, the optical fibers 31 are used so that l_i of them is distributed from 0 to $100/(n-1)$, where ϕ is a wavelength of excimer laser and (n) is a refractive index of an optical fiber. Laser beams 12a emitted from the optical fibers 31 become rays regarded as those from a surface light source. Because these laser beams are focused on an incidence eye in an image focusing lens 20, ideal partial coherent illumination can be obtained.



.....
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-44726

⑬ Int.Cl.⁴

H 01 L 21/30
G 03 F 7/20
H 01 L 21/30
H 01 S 3/101

識別記号

3 1 1
3 1 1

庁内整理番号

S-7376-5F
7124-2H
L-7376-5F
7630-5F

⑭ 公開 昭和63年(1988)2月25日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 エキシマレーザを用いたステツパの照明光学装置

⑯ 特 願 昭61-189326

⑰ 出 願 昭61(1986)8月12日

⑱ 発 明 者 伊 藤 徳 久 東京都板橋区常盤台1丁目34番

⑲ 出 願 人 伊 藤 徳 久 東京都板橋区常盤台1丁目34番

⑳ 代 理 人 弁理士 三 浦 邦 夫 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

エキシマレーザを用いたステツパ
の照明光学装置

2. 特許請求の範囲

(1) レチクルパターンをウェハ上に照射するステツパであって、その照明光としてエキシマレーザを用いたステツパの照明光学装置において、レチクルパターンに入射するエキシマレーザの光路中に、光路長の異なる複数の光学要素の集合体であって、各々の光学要素から出射するレーザ光の位相が異なるランダム位相体を挿入したことを特徴とするエキシマレーザを用いたステツパの照明光学装置。

(2) 特許請求の範囲第1項において、ランダム位相体は、多数の光ファイバの集合体であって、各々の光ファイバから出射するレーザ光の位相が異なっているエキシマレーザを用いたステツパの照明光学装置。

(3) 特許請求の範囲第1項において、ランダム

位相体は、複屈折性を有する光学材質から構成された光路長の異なる多数のメッシュからなり、各々のメッシュから出射するレーザ光の位相と偏光状態が異なっているエキシマレーザを用いたステツパの照明光学装置。

3. 発明の詳細な説明

「技術分野」

本発明は、超LSIの製造に用いられるステツパに関し、特にその照明光学系に関する。

「従来技術およびその問題点」

ステツパは周知のように、レチクルパターンをウェハ上に照射するもので、その照明光源は、LSIの最小線幅の縮小に伴ない、徐々に短波長のものが用いられるに至っている。すなわち一般に量産ラインでのウェハ上の解像度Rは、

$$R = C \lambda / NA \quad \text{①}$$

C … 係数

 λ … 照明光源の波長

NA … 対物レンズの開口数

で与えられる。 C は、0.6 ~ 0.8 程度とされ、量産ラインでは0.8 程度である。また NA は、投影レンズによって定まる定数で、現在は 0.3 ~ 0.5 程度であり、これを大きくする努力がなされている。したがって解像度 R を上げるために残されたもう一つの方法は、光源の波長 λ を小さくすることである。

そこで従来は、照明光源として超高圧水銀灯の g 線 ($\lambda = 436\text{nm}$) が主に用いられ、さらに h 線 ($\lambda = 404\text{nm}$)、あるいは i 線 ($\lambda = 365\text{nm}$) が開発されつつある。しかし i 線を用いたところで、①式で $C=0.8, NA=0.4$ とすると、解像度 R は $0.73\mu\text{m}$ 程度であり、現在開発中の 4MDRAM には適用可能であっても、最小線幅として $0.5\mu\text{m}$ 以下が要求される次世代の 16MDRAM には到底対応できない。

このような背景から既に、照明光源として KrF のエキシマレーザ (波長 $\lambda = 248\text{nm}$) を用いたステップの照明光学系が提案されている。

ところで、このような短波長の照明光源を用いた場合の問題点は、レンズ系による光の吸収、発

熱の他、いかにしてパーシャルコヒーレント照明を実現するかにある。コヒーレント照明とは、周知のように対物レンズの入射瞳に光源の点像ができる状態をいうが、このようなコヒーレント照明をステップに用いると、

①ウェハ上に干渉縞が強く出過ぎる、

②スペックルパターンによる細かい縞ができる、という問題があり、次世代 LSI の微細線幅の露光を行なうステップとしては、使用に耐えない。

第6図は、コヒーレント照明、およびパーシャルコヒーレント照明を説明するため、入射瞳の大きさ D_{ep} と、その中にできる光源像の大きさ D_{so} とを描いたもので、光源内の異なる二点間の相関がないと仮定したとき、すなわち光源像直径 D_{so} 内の異なる二点での光が相互にインコヒーレントであるとき、

$$\sigma = D_{so} / D_{ep} \text{ とすると、}$$

$\sigma = 0$ のとき、つまり光源像の大きさ D_{so} が 0 のときが、コヒーレント照明、

$$\sigma = 0.5 \sim 0.7 \text{ のときが最も好ましいパーシャ}$$

ルコヒーレント照明とされている。なお $\sigma = \infty$ のときはインコヒーレント照明である。

エキシマレーザを用いた場合、その光源は、マクロにみて点光源であるから、そのままではパーシャルコヒーレント照明とはならず、コヒーレント照明となってしまう。特に紫外光透過ガラス材の制約から結像光学系の色収差を無補正とした場合、波長幅を極端に狭くする必要があり、このためレーザ光源側で注入同期等の技術を用いた場合には、なおさらのことコヒーレント照明になってしまう。そこで、米国 AT\&T ベル研究所は、1986年3月に開かれた SPIE において、スキャンミラー方式を提案している。このスキャンミラー方式は、本来点光源であるエキシマレーザ光を、見掛け上、第4図の D_{so} の範囲において二次元的に振る (スキャンする) ことにより、パーシャルコヒーレント照明を実現しようとするものであり、光路中においたスキャンミラーを二次元的に駆動することで、これを実現している。

ところが本発明者の解析によると、このスキャ

ンミラー方式は、ミラースキャン中の各瞬間を捕えると、コヒーレント照明であって、これを時間積分することにより、すなわち干渉縞やスペックルパターンの強度和をとることにより、平均化しているに過ぎない。

「発明の目的」

本発明は、ステップの照明光源としてエキシマレーザを用いた場合に、より完全なパーシャルコヒーレント照明を実現できる照明光学系を得ることを目的とする。

「発明の概要」

本発明は、光路長の異なる多数の光学要素の集合体よりなるランダム位相体を用いてエキシマレーザ光を位相の異なるレーザ光の集合体とすることにより、パーシャルコヒーレント照明を実現するという発想に基づいてなされたものである。すなわち本発明は、レチクルパターンに入射するエキシマレーザの光路中に、光路長の異なる多数の光学要素の集合体であって、各々の光学要素から出射するレーザ光の位相が異なるランダム位相

体を挿入したことを特徴としている。

多数の光学要素から出射する光（レーザ光）の位相を異ならせるには、

①屈折率の異なる材料から形成した多数の光学要素を用いる、

②光学要素の長さを異ならせる、
の二つの方法があるが、後者の方が紫外域では実現が容易である。

ランダム位相体を出たレーザ光は、位相の異なるレーザ光の集合体であるから、一瞬、一瞬をとっても、パルシャルコヒーレントが実現されており、したがって干渉縞やスペックルパターンは生じない。

「発明の実施例」

以下図示実施例について本発明を説明する。第1図は本発明によるステップの照明光学装置を示すものである。KrFのエキシマレーザ11を出たレーザビーム12は、集光レンズ13を経て光源像14を作り、さらにコリメートレンズ15を経て平行光とされた後、本発明の特徴とするラン

長さの光ファイバ31が含まれていたとしても、統計的にみて異なる長さの光ファイバ31がランダム位相体30を構成していればよい。

理想的な場合を説明すると、各光ファイバ31を通過するレーザビーム12aの位相を0から例えば 200π 迄異ならせる場合、各光ファイバ31の長さを L (固定長) + ΔL_i としたとき、

$\Delta L_i = 0$, (最小長さのもの) ~

$\Delta L_i = 100\lambda / (n-1)$, (最大長さのもの)

(λ はエキシマレーザの波長、 n は光ファイバの屈折率)

に長さを分布させた光ファイバ31を用いるとよい。

光ファイバ31を出たレーザビーム12aは、面光源とみなせる光源となり、これが結像レンズ20の入射瞳に結像するため、理想的なパルシャルコヒーレント照明が得られる。

次に、第4図、第5図に示すランダム位相体30について説明する。この実施例のランダム位相体30は、複屈折性を有する光学結晶から形成

ム位相体30、リレーレンズ16、固定ミラー17、コンデンサレンズ18、レチクルパターン19、および結像レンズ20を経てウェハ21上に照射される。

ランダム位相体30は、例えば第2図、第3図に示すように、多数の光ファイバ23の集合体（光ファイババンドル）から構成し、あるいは第4図、第5図のように、複屈折性を有する光学材質で、光路長の異なる多数のメッシュ24の集合体から構成することができる。

第2図、第3図に示す光ファイバ23の集合体からなるランダム位相体30は、多数の光ファイバ31を束ねてなっており、全体としてレーザビーム12の径に対応する径を有している。そして各光ファイバ31の長さは、これらの光ファイバ31から出射されるレーザビーム12aの位相が異なり、全体としてパルシャルコヒーレント照明が得られるように設定されている。各光ファイバ31の長さは、理想的にはすべて異なっているのが良いが、実際にはそこ迄の必要はなく、同じ

するもので、多数のメッシュ32の集合体からなっている。これらのメッシュ32はその光学軸を照明系の光軸に垂直な面内に置いてあり、しかもその厚さが、メッシュ毎にランダムとなるように設定されている。このようなメッシュ32を有するランダム位相体30は、例えばランダムなマスキングと、ランダムなエッチング時間の制御により製造することが可能である。

いま光学結晶の異常光線に対する屈折率を N_e 、常光線に対する屈折率を N_o とすると、各メッシュ32の厚さを D_0 (固定長) + d_i としたとき、各メッシュでの異常光線と常光線の位相差を0から 2π 迄異ならせる場合、

$d_i = 0$, (最小位相差のもの) ~

$d_i = \lambda / (N_e - N_o)$, (最大位相差のもの)

に厚さを分布させたランダム位相体を用いるとよい。この実施例によるランダム位相体30は、光ファイバによる場合と同様な厚み（長さ）変化による位相変化に加えて、複屈折性による位相面の回転をランダムに付加することにより、偏光状態

も異ならせて、2次光源面内のランダム性をさらに完全なものとしてすることができる。

「発明の効果」

以上のように本発明の照明光学装置によると、エキシマレーザを用いたステッパにおいて、各瞬間をとらえても、パーシャルコヒーレントな照明が得られる。よってエキシマレーザによってウェハ上に $0.5\mu\text{m}$ 程度の極細線幅を描く場合に問題となるウェハ上での干渉縞やスペックルパターンの発生を抑え、次世代超LSIの製造に関する問題点の一つを除くことができる。

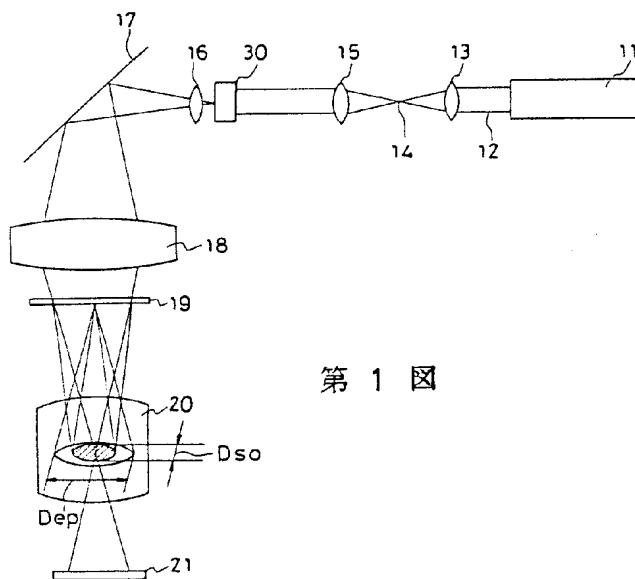
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明によるステッパの照明光学装置の実施例を示す光学系統図、第2図はランダム位相体として示す光ファイババンドルの拡大模式斜視図、第3図は光ファイババンドルを長さを異ならせて作成する場合の長さの設定を示す模式断面図、第4図はランダム位相体の他の実施例を示す拡大模式平面図、第5図はその模式断面図、第

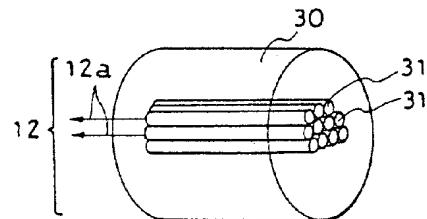
6図は入射瞳と光源の像の大きさの関係を示す、パーシャルコヒーレント照明を説明するための平面図である。

11…エキシマレーザ、12、12a…レーザビーム、13…集光レンズ、15…コリメートレンズ、16…リレーレンズ、18…コンデンサレンズ、19…レチクルパターン、20…結像レンズ、21…ウェハ、30…ランダム位相体、31…光ファイバ、32…メッシュ。

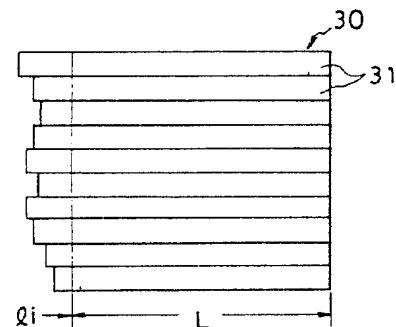
特許出願人	伊 藤 徳 久
同代理人	三 浦 邦 夫
同	松 井 茂
同	笹 山 善 美



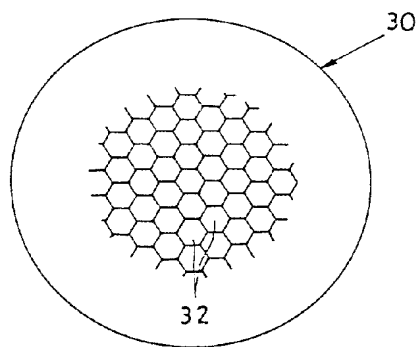
第 1 図



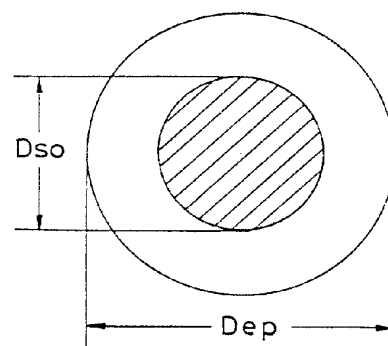
第 2 図



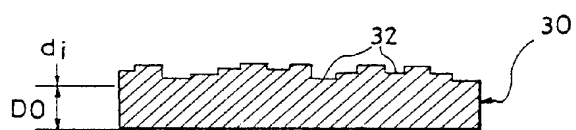
第 3 図



第 4 図



第 6 図



第 5 図